



REC'D 17 NOV 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 43 775.0

Anmeldetag: 20. September 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Redundante Kühlvorrichtung für einen elektrischen
U-Boot-Antriebsmotor

IPC: B 63 H 21/17

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schott

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Beschreibung

Redundante Kühlvorrichtung für einen elektrischen U-Boot-Antriebsmotor

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine redundante Kühlvorrichtung für einen elektrischen flüssigkeitsgekühlten U-Boot-Antriebsmotor, mit einem ersten Kühlkreislauf und einem zweiten Kühlkreislauf, mittels denen Wärmeenergie vom elektrischen U-Boot-Antriebsmotor abtransportierbar ist.

10

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine redundante Kühlvorrichtung hoher Leistungsfähigkeit für einen elektrischen U-Boot-Antriebsmotor zur Verfügung zu stellen, wobei mit der abzuführenden Wärmemenge über angepasste Kühlmittelströme ein hohes Maß an Betriebssicherheit und Redundanz zur Verfügung gestellt werden soll.

15

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der erste Kühlkreislauf und der zweite Kühlkreislauf der redundanten Kühlvorrichtung im Bereich des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors so ausgeführt sind, dass das Kühlmittel des ersten und des zweiten Kühlkreislaufs einen Ständerkühlring, in welchem die Kühlkreisläufe angeordnet sind, in zueinander gegenläufigen Richtungen durchströmen. Durch diese Gegenläufigkeit der beiden Kühlkreisläufe im Bereich des U-Boot-Antriebsmotors wird dieser in weitaus gleichmäßigerem Ausmaß entwärmt als das bei aus dem Stand der Technik bekannten Kühlvorrichtungen möglich ist.

20

30

Um den an einen elektrischen U-Boot-Antriebsmotor gestellten Betriebsbedingungen hinsichtlich der unterschiedlichen Leistungsabgabe gestellten Anforderungen vorteilhaft zu genügen, ist es zweckmäßig, jedem Kühlkreislauf eine Haupt- und eine Kleinpumpe mit einer im Vergleich zur Hauptpumpe erheblich geringeren Leistung zuzuordnen, wobei die Haupt- und die

35

Kleinpumpe jedes Kühlkreislaufts vorteilhaft voneinander unabhängige Versorgungsspannungen aufweisen.

Entsprechend kann zur Erhöhung des Wirkungsgrads des gesamten Antriebssystems jeder Kühlkreislauf in einem niedrigen Drehzahlbereich des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors ausschließlich mittels der ihm zugeordneten Kleinpumpe und in einem oberhalb des niedrigen Drehzahlbereichs des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors ausschließlich mittels der ihm zugeordneten Hauptpumpe betreibbar sein.

Wenn zwischen den beiden redundanten Kühlkreisläufen Überleitungen vorgesehen sind, in denen jeweils ein Kuppelventil angeordnet ist, können bei Ausfall eines Kühlkreislaufts, z.B. wegen Ausfall der Pumpen oder Pumpenmotoren, die Kuppelventile durchgeschaltet werden, wobei dann die Kühlmittelumwälzung beider Kühlkreisläufe durch die noch funktionierenden Pumpen realisiert werden kann.

Da in diesem Fall nur eine reduzierte Pumpenleistung mit einem entsprechend reduzierten Kühlmittelstrom zur Verfügung steht, sollte zweckmäßigerweise die Abgabeleistung des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors an die dann abführbare Wärmemenge anpassbar sein.

Die zur redundanten Kühlvorrichtung gehörenden redundanten Pumpenaggregate, Wärmetauscher, Armaturen, Ventile usw. sind zweckmäßigerweise auf dem oberen Teil des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors angeordnet.

Jeder der beiden Kühlkreisläufe hat gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen redundanten Kühlvorrichtung weiterhin einen Kühlzweig, mittels dem dem U-Boot-Antriebsmotor zugeordnete Wechselrichtermodule kühlbar sind.

Als Kühlmittel kann in beiden Kühlkreisläufen Frischwasser vorgesehen werden, dem ein Korrosionsschutzmittel und ggf.

weitere Zusätze zur biologischen und chemischen Stabilisierung des Wassers zugesetzt sein können, und das je Kühlwasserkreislauf in einem Wasser-Wasser-Wärmetauscher oder in einem Wasser-Luft-Wärmetauscher mittels Seewasser rückkühlbar ist.

Die Steuerung und Schaltung der Haupt- und Kleinpumpe jedes Kühlkreislaufs erfolgt zweckmäßigerweise mittels einer Stromversorgungs- und Schalteinheit, deren eigene Kühlplatten ebenfalls mittels eines weiteren Kühlzweigs jedes Kühlkreislaufs kühlbar sind.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen redundanten Kühlvorrichtung werden die Motoren der beiden Kleinpumpen mit einer festen Speisefrequenz und/oder Speisepannung betrieben.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen redundanten Kühlvorrichtung werden die Hauptpumpen jedes Kühlkreislaufs über Wechselrichter gespeist, um über die veränderbare Drehzahl der Motoren die Fördermenge der Kühlflüssigkeit und damit der abzuführenden Wärmemenge anzupassen. Die Motoren der Hauptpumpen werden so betrieben, dass deren Drehzahl und Leistung an die abzuführende Wärmemenge angepasst werden kann.

Durch die Verwendung von Drehstromasynchronmotoren mit Käfigläufer ergeben sich vorteilhafte Lösungen. Die Drehzahl- und Leistungsanpassung der Asynchronmaschinen mit Kurzschlußläufer kann in vorteilhafter Weise durch Änderung der Speisefrequenz und/oder der Speisespannung und/oder durch Verwendung von polumschaltbaren Maschinen geschehen.

Für jede der Haupt- und Kleinpumpen ist vorteilhaft eine unabhängige Speisespannung vorgesehen.

Jeder Kühlkreislauf ist zweckmäßigerweise mit einem Ausdehnungsgefäß für die Kühlflüssigkeit, einer Einrichtung zur Entgasung der Kühlflüssigkeit, einem Serviceanschluß und vorteilhaft mit einem Überdruckventil ausgerüstet.

5

Vorteilhaft sind in jedem der beiden Kühlkreisläufe zur Steuerung der Pumpenleistung Temperaturfühler angeordnet.

10

Zur Sicherung der bedarfsgerechten Versorgung der zu kühlenden Baueinheiten mit Kühlmittel ist vorteilhaft in jedem der beiden Kühlkreisläufe stromauf des Ständerkühlrings, der Wechselrichtermodule und der Stromversorgungs- und Schalteinheit ein druckunabhängiger Mengenregler angeordnet.

15

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen redundanten Kühlvorrichtung ist in jedem der beiden Kühlkreisläufe ein temperaturgesteuertes Dreiwegeventil vorhanden.

20

Darüber hinaus ist es zweckmäßig, wenn in der Druckseite der Kleinpumpen und der Hauptpumpen jeweils ein Rückschlagventil vorgesehen ist.

Außerdem können in vorteilhafter Weiterbildung der erfindungsgemäßen redundanten Kühlvorrichtung in den Verbindungsleitungen zwischen der redundanten Kühlvorrichtung und dem U-Boot-Antriebsmotor beidseitig sperrende Schnellkupplungen angeordnet sein.

30

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert, in deren einziger Figur ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen redundanten Kühlvorrichtung prinzipiell dargestellt ist.

35

Eine in der einzigen Figur gezeigte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen redundanten Kühlvorrichtung dient dazu, einen U-Boot-Antriebsmotor 1 zu kühlen.

Hierzu weist die redundante Kühlvorrichtung zwei voneinander unabhängige Kühlkreisläufe 2, 3 auf, von denen in der einzigen Figur der erste Kühlkreislauf 2 links des U-Boot-

5 Antriebsmotors 1 und der zweite Kühlkreislauf 3 rechts vom U-Boot-Antriebsmotor 1 dargestellt ist.

10 Der erste Kühlkreislauf 2 durchströmt einen Ständerkühlring 4 des U-Boot-Antriebsmotor 1 im in der Figur gezeigten Ausführungsbeispiel im Uhrzeigersinn, wohingegen der zweite Kühlkreislauf 3 den Ständerkühlring 4 des U-Boot-Antriebsmotors 1 gegen den Uhrzeigersinn durchströmt.

15 Im übrigen entsprechen sich die beiden Kühlkreisläufe 2 und 3 hinsichtlich ihrer Ausgestaltung, so dass im folgenden lediglich der erste Kühlkreislauf 2 hinsichtlich seiner einzelnen Bestandteile etc. näher erläutert werden wird. Der zweite Kühlkreislauf 3 ist in entsprechender Weise aufgebaut, wobei auch seine Funktionen entsprechend ausgestaltet sind.

20

Der erste Kühlkreislauf 2 hat eine Hauptpumpe 5 und eine Kleinpumpe 6, deren Leistung im Vergleich zu der der Hauptpumpe 5 wesentlich geringer ist.

Mittels der Kleinpumpe 6 ist die Kühlmittelumwälzung in einem Teillastbereich des U-Boot-Antriebsmotors 1 realisierbar. Die Hauptpumpe 5 des ersten Kühlkreislaufs 2 bleibt dabei ausgeschaltet.

30 Die Hauptpumpe 5 des ersten Kühlkreislaufs 2 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel oberhalb des Teillastbereichs des U-Boot-Antriebsmotors 1 in Betrieb. Die Kleinpumpe 6 kann dabei abgeschaltet werden. Motore 7 bzw. 8 der Klein- und Hauptpumpen 6 bzw. 5 sind im dargestellten Ausführungsbeispiel als Asynchronmotoren mit Kurzschlußfläufer ausgeführt.
35 Den beiden Motoren 7, 8 der Klein- 6 bzw. Hauptpumpe 5 des ersten Kühlkreislaufs 2 ist eine Stromversorgungs- und

Schalteinheit 9 zugeordnet, deren elektrischer Teil in der einzigen FIGUR nicht dargestellt ist und mittels der die Speisefrequenz und/oder die Speisespannung bedarfsabhängig variiert werden kann.

5

Für die Motoren 8 der Hauptpumpen 5 und die Motoren 7 der Kleinpumpen 6 der beiden Kühlkreisläufe 2, 3 ist jeweils eine unabhängige Speisespannung vorgesehen.

- 10 Zwischen den beiden redundanten Kühlkreisläufen 2, 3 sind zwei sie miteinander verbindende Überleitungen 10, 11 vorgesehen. In diesen beiden Überleitungen 10, 11 ist jeweils ein Kuppelventil 12 bzw. 13 angeordnet, deren Umschaltung über einen gemeinsamen Handhebel erfolgen kann. Bei geöffneten
- 15 Kuppelventilen 12, 13 ist es möglich, die beiden Kühlkreisläufe 2, 3 mittels einer einzigen Hauptpumpe, z.B. mittels der Hauptpumpe 5, zu betreiben, d.h. der Kühlmittelkreislauf in beiden Kühlkreisläufen 2, 3 ist mittels einer einzigen Hauptpumpe 5 aufrecht erhaltbar. In diesem Betriebszustand
- 20 kann nur eine geringere Gesamtkühlmittelmenge am U-Boot-Antriebsmotor 1 umgewälzt werden, so dass die Leistung des U-Boot-Antriebsmotors 1 entsprechend der dann noch abführbaren Wärmemenge zu reduzieren ist.

Die Rückkühlung des Kühlmittels erfolgt in beiden Kühlkreisläufen 2, 3 mittels jeweils eines Wasser-Wasser-Wärmetauschers 17, in dem das Kühlmittel der Kühlkreisläufe 2, 3 mittels Seewasser rückgekühlt wird.

- 30 Die beiden Wasser-Wasser-Wärmetauscher 17 sowie die beiden Haupt- 5 und die beiden Kleinpumpen 6, Ausdehnungsgefäße 21, druckunabhängige Mengenregler 16, 19, 20 und alle erforderlichen Armaturen der beiden Kühlkreisläufe 2, 3 sind auf dem U-Boot-Antriebsmotor 1 aufgebaut.

Die Kühlkreisläufe 2, 3 weisen je einen Kühlzweig 14 auf, mittels dem in ihm angeordnete Wechselrichtermodule 15 kühlbar sind. Stromauf der Wechselrichtermodule 15 ist in diesem Kühlzweig 14 der druckunabhängige Mengenregler 16 angeordnet.

5

Die Stromversorgungs- und Schalteinheit 9 jedes Kühlkreislaufts 2, 3 ist in einem weiteren Kühlzweig 18 des ersten 2 bzw. zweiten Kühlkreislaufts 3 angeordnet, wobei stromauf der Stromversorgungs- und Schalteinheit 9 in diesem weiteren Kühlzweig 18 der weitere druckunabhängige Mengenregler 19 angeordnet ist.

10

Darüber hinaus ist in jedem der beiden Kühlkreisläufe 2, 3 stromauf des Ständerkühlrings 4 des U-Boot-Antriebsmotors 1 der weitere druckunabhängige Mengenregler 20 vorgesehen.

15

In jedem der beiden Kühlkreisläufe 2, 3 ist das Ausdehnungsgefäß 21 vorhanden, in welchem sich die Kühlflüssigkeit ausdehnen und über eine Entgasungseinrichtung 27 entgasen kann.

20

An diesem Ausdehnungsgefäß 21 befindet sich auch ein Serviceanschluß 22, z.B. zur Befüllung der Kühlkreisläufe 2, 3.

Zum Schutz der Kühlkreisläufe 2, 3 ist in jedem der Kühlkreisläufe 2, 3 ein Überdruckventil 28 vorhanden.

Darüber hinaus ist in das Ausdehnungsgefäß 21 ein Temperatursensor 23 zur temperaturabhängigen Steuerung der Klein- 6 und Hauptpumpen 5 eingebaut.

30

Da beim Betrieb von² jeweils nur einer Hauptpumpe 5 oder Kleinpumpe 6 in den Kühlkreisläufen 2, 3 die Rückspeisung der Kühlmittelströme über die nicht in Betrieb befindliche Haupt- 5 bzw. Kleinpumpe 6 verhindert werden muß, sind jeweils in die Druckleitungen nach der Haupt- 5 und Kleinpumpe 6 entsprechende Rückschlagventile 24 eingebaut.

35

Um eine Betauung im Inneren des U-Boot-Antriebsmotors 1 während seines Betriebes zu verhindern, wird die Rückkühlung der Kühlflüssigkeit über den Wasser-Wasser-Wärmetauscher 17 mittels Seewasser über ein temperaturgesteuertes Dreiwegeventil 25 gesteuert.

Um die Wartbarkeit und die Zugänglichkeit an dem U-Boot-Antriebsmotor 1 zu erleichtern, sind alle Verbindungen zwischen den Komponenten der redundanten Kühlvorrichtung auf dem Ober-
teil des U-Boot-Antriebsmotors 1 und dem U-Boot-Antriebsmotor 1 mit beidseitig selbstsperrenden Schnellkupplungen 26 versehen.

Patentansprüche

1. Redundante Kühlvorrichtung für einen elektrischen U-Boot-Antriebsmotor (1), mit einem ersten Kühlkreislauf (2) und
5 einem zweiten Kühlkreislauf (3), mittels denen Wärmeenergie vom elektrischen U-Boot-Antriebsmotor (1) abtransportierbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlmittel des ersten (2) und des zweiten Kühlkreislaufs (3) im Bereich des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors einen Ständerkühlring (4) des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors
10 (1) zueinander gegenläufig durchströmen.
2. Redundante Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, bei der in jedem Kühlkreislauf (2, 3) eine Haupt- (5) und eine
15 Kleinpumpe (6) mit einer im Vergleich zur Hauptpumpe (5) erheblich geringeren Leistung angeordnet sind.
3. Redundante Kühlvorrichtung nach Anspruch 2, bei der die Haupt- (5) und die Kleinpumpe (6) jedes Kühlkreislaufs
20 (2, 3) voneinander unabhängige Versorgungsspannungen aufweisen.
4. Redundante Kühlvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, bei der jeder Kühlkreislauf (2, 3) in einem niedrigen Drehzahlbereich des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors (1) ausschließlich mittels der ihm zugeordneten Kleinpumpe
(6) betreibbar ist.
5. Redundante Kühlvorrichtung nach Anspruch 4, bei der jeder
30 Kühlkreislauf (2, 3) oberhalb des niedrigen Drehzahlbereichs des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors (1) mittels der ihm zugeordneten Hauptpumpe (5) betreibbar ist.
6. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis
35 5, zwischen deren beiden redundanten Kühlkreisläufen (2, 3) Überleitungen (10, 11) vorgesehen sind, in denen jeweils ein Kuppelventil (12, 13) angeordnet ist.

7. Redundante Kühlvorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Kühlmittelumwälzung der beiden bei geöffneten Kuppelventilen (12, 13) miteinander verbundenen Kühlkreisläufe (2, 3) mittels einer der beiden Hauptpumpen (5) realisierbar ist, wobei die Abgabeleistung des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors (1) an die dann abführbare Wärmemenge anpassbar ist.
8. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, deren redundante Pumpenaggregate, Wärmetauscher, Armaturen, Ventile usw. auf dem oberen Teil des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors (1) angeordnet sind.
9. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, deren beide Kühlkreisläufe (2, 3) jeweils einen Kühlzweig (14) aufweisen, mittels dem dem U-Boot-Antriebsmotor (1) zugeordnete Wechselrichtermodule (15) kühlbar sind.
10. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der das Kühlmittel in den beiden Kühlkreisläufen (2, 3) in je einem Wasser-Wasser-Wärmetauscher (17) oder Wasser-Luft-Wärmetauscher mittels Seewasser rückkühlbar ist.
11. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 10, bei der der Haupt- (5) und der Kleinpumpe (6) jedes Kühlkreislaufs (2, 3) eine Stromversorgungs- und Schalteinheit (9) zugeordnet ist, deren eigene Kühlplatten mittels eines weiteren Kühlzweigs (18) jedes Kühlkreislaufs (2, 3) kühlbar sind.
12. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 12, bei der die Motoren (7) der beiden Kleinpumpen (6) jedes Kühlkreislaufs (2, 3) mit einer festen Speisepannung und/oder Speisefrequenz betrieben werden.

- 5 13. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 12, bei der die Hauptpumpen (5) jedes Kühlkreislaufs (2, 3) über Wechselrichter gespeist werden, um über die veränderbare Drehzahl der Motoren (8) die Fördermenge der Kühlflüssigkeit und damit der abzuführenden Wärmemenge anzupassen.
- 10 14. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 13, bei der die Motoren (8) der beiden Hauptpumpen (5) als Drehstromasynchronmotoren mit Käferläufer ausgebildet sind.
- 15 15. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 14, bei der für jede Haupt- (5) und Kleinpumpe (6) eine unabhängige Speisespannung vorgesehen ist.
- 20 16. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei der jeder Kühlkreislauf (2, 3) ein Ausdehnungsgefäß (21) für die Kühlflüssigkeit aufweist.
17. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei der jeder Kühlkreislauf (2, 3) eine Entgasungseinrichtung (27) und einen Serviceanschluss (22) für die Kühlflüssigkeit aufweist.
- 30 18. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, bei der jeder Kühlkreislauf (2, 3) ein Überdruckventil aufweist.
19. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei der in jedem der beiden Kühlkreisläufe (2, 3) ein Temperatursensor (23) angeordnet ist.
- 35 20. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 19, bei der in jedem der beiden Kühlkreisläufe (2, 3) stromauf des Ständerkühlrings (4), stromauf der Wechsel-

richtermodule (15) und stromauf der Stromversorgungs- und Schalteinheit (9) jeweils ein druckunabhängiger Mengenregler (20, 16, 19) angeordnet ist.

- 5 21. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei der in jedem der beiden Kühlkreisläufe (2, 3) ein temperaturgesteuertes Dreiwegeventil (25) vorhanden ist.
- 10 22. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 21, bei der in der Druckseite der Kleinpumpen (6) und der Hauptpumpen (5) jeweils ein Rückschlagventil (24) vorhanden ist.
- 15 23. Redundante Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, bei der in den Verbindungselementen zwischen der redundanten Kühlvorrichtung und dem U-Boot-Antriebsmotor (1) beidseitig sperrende Schnellkupplungen (26) angeordnet sind.

Zusammenfassung

Redundante Kühlvorrichtung für einen elektrischen U-Boot-Antriebsmotor

5

Eine redundante Kühlvorrichtung für einen elektrischen U-Boot-Antriebsmotor (1) hat einen ersten Kühlkreislauf (2) und einen zweiten Kühlkreislauf (3), mittels denen Wärmeenergie vom elektrischen U-Boot-Antriebsmotor (1) abtransportierbar ist.

10

15

Um ein hohes Maß an Betriebssicherheit und Redundanz zur Verfügung zu stellen, wird vorgeschlagen, dass die Kühlmittel des ersten Kühlkreislaufs (2) und des zweiten Kühlkreislaufs (3) im Bereich des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors (1) einen Ständerkühlring (4) des elektrischen U-Boot-Antriebsmotors (1) zueinander gegenläufig durchströmen.

FIG

Fig.

